

第175・176回  
西山記念技術講座

"RESPONSE UNDER 37 CFR 1.116-  
EXPEDITED PROCEDURE EXAMINING  
GROUP 1342"

# 鉄鋼材料の加工・利用技術

- 鉄鋼材料の特性・機能を最大限に活かす -

平成13年11月

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

社団  
法人 日本鉄鋼協会

NMS-ISIJ 175・176

# 鉄鋼材料の加工・利用技術

## —鉄鋼材料の特性・機能を最大限に活かす—

Forming and Application Technology of Steel

— For the full utilization of potential and capability of steel —

西山記念技術講座は、川崎製鉄株式会社から初代社長西山弥太郎氏記念のため、寄贈された資金をもとにして運営されているものです。

本講座は斯界の権威者を講師とし、鉄鋼に関する研究・技術・設備等の最近の進歩を主な内容として構成されています。

平成13年11月 9日（第175回・神戸）

平成13年12月12日（第176回・東京）

社団  
法人 日本鉄鋼協会

## 総 目 次

1. 自動車用薄鋼板のプレス加工技術と高強度鋼板の開発の最前線 ..... 栗山幸久... 1
2. プレス加工数値シミュレーションの最前線 ..... 牧野内昭武... 33
3. 管材の二次加工技術・ハイドロフォーミング技術の最前線 ..... 淵澤定克... 55
4. 鍛造用鋼材の加工技術 ..... 小坂田宏造... 79
5. ステンレス鋼板の加工・利用技術と材料開発の最前線 ..... 山田利郎... 97
6. 塑性加工理論とシミュレーション技術の最前線 ..... 仲町英治... 127
7. 薄鋼板の溶接技術およびレーザテクノロジーの最前線 ..... 福井清之... 157

化方法であり、固溶炭素による弊害である常温時効による材質劣化を抑えつつ BH 量を確保することが重要である。そのため、BH 硬化は 60MPa 程度に抑えられる。

BH 鋼板の優れた特性から海外での適用も検討されたが、海外に BH 鋼板を搬送する場合に赤道近くの高温に曝されたり、使用まで長期間に及ぶケースがあり、従来の BH 鋼板では時効劣化が大きくストレッチャストレインの発生などの問題が起こった。このため常温時効を大幅に抑制する新たな輸出用遅時効性 BH 鋼板が開発され、海外自動車会社のパネルの軽量化が可能となった。

### 5.3 熱処理強化型ハイテン

IF 鋼に 1 %を超える Cu を添加したハイテンは、熱処理前は 390MPa 級 IF 鋼と同等の成形性があり、500~700°Cで数分間の熱処理後に引張り強さが約 150MPa~250MPa 上昇し、590MPa 級の強度になる。鋼板は極低炭素 IF 鋼板をベースとしているため、深絞りに好ましい集合組織を有し、Cu は固溶状態にある。図 30<sup>37)</sup>は 1.6mass%Cu 添加鋼の熱処理による強度の上昇例を示しており、550°Cで 10 分保持することにより引張り強度は 230MPa 上昇することがわかる。このタイプの材料は、熱処理により微細 Cu を析出させて<sup>38)</sup>強度を上げ、高  $r$  値ハイテンとして利用される他に、プレス成形した後に熱処理を行う熱処理強化型鋼板として利用される。

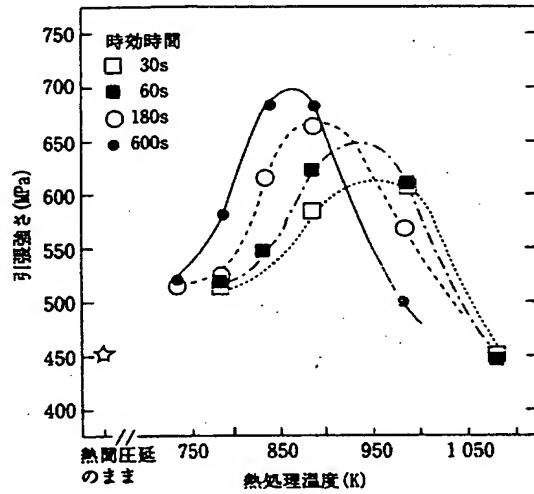


図 30 1.6mass%Cu 添加鋼熱延鋼板の TS に及ぼす熱処理温度と時効時間の影響<sup>37)</sup>

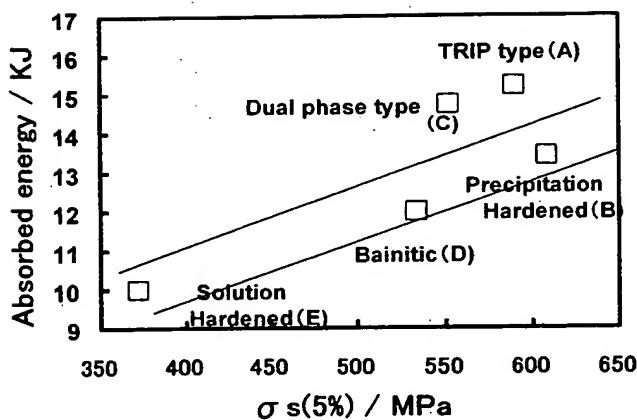
### 5.4 組織強化型ハイテン

#### 5.4.1 DP (Dual Phase) 鋼板

DP 鋼板はフェライト相とマルテンサイト相からなる複合ミクロ組織をもつ鋼板で、マルテンサイト相に隣接するフェライト相の粒界近傍に存在する可動転位により低降伏比となる。このため加工時の弾性回復量が小さく、形状凍結性に優れる。また、析出硬化鋼板に比べ伸びが大きく張り出し加工性に優れ、疲労耐久性も優れている<sup>39)</sup>ため、ホイールディスクなどに使用されている。

#### 5.4.2 TRIP (Transformation Induced Plasticity) 鋼板

TRIP 鋼は優れた成形性のみならず、衝突時のエネルギー吸収能の高さからも注目されている<sup>40)</sup>。図 31 に各種鋼板の引張り強度と板厚 2mm の四角柱(70mm × 70mm × 320mm 長さ)での軸圧潰時の吸収エネルギー性能の比較を示す。TRIP 鋼は変態誘起超塑性を利用した超延性鋼板で、ペイナイト、あるいはフェライト+ペイナイトの組織中に、変形により硬質なマルテンサイトに変態しうる準安定オーステナイトが数%から 30% 残留している<sup>41)</sup>。変態誘起超塑性を発現するメカニズムは、組織中に残留した準安定オーステナイトが加工によりマルテンサイトに変態し、その部分の強度が高まることによって相対的に低強度である周囲に変形が伝播する事で高い加工性をもたらす。TRIP 鋼は集合組織がランダムなため  $r$  値は 1.0 以下と低いが、図 32 に示すようにオーステナイトが加工に誘起されてマルテンサイトに変態する仕方が変形様式によって異なる<sup>42)</sup>ため、深絞り成形性に優れる。すなわち、縮みフランジ変形部では残留オーステナイトがマルテンサイト変態にくく、変形抵抗が低く保たれる。一方、破断危険部位である縦壁部分では平面ひずみ引張りとなるため、残留オーステナイトがマルテンサイトに変態して硬化するので破断耐力は高くなる。また、高い  $n$  値を有することから、張り出し性にも優れている。



	YS (MPa)	TS (MPa)	EL (%)
A	426	721	31
B	476	635	25
C	443	599	28
D	467	556	25
E	310	394	36

図 3.1 各種鋼板の引張り強度とエネルギー吸収能

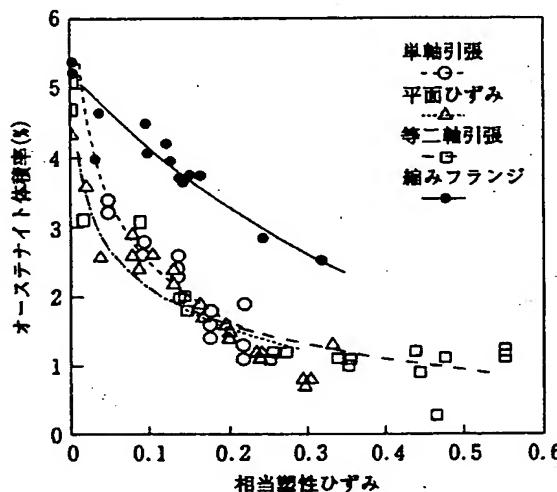


図 3.2 変形様式と TRIP 鋼中の残留オーステナイト量の変化<sup>10)</sup>

#### 5.4.3 高バーリング鋼

ペイナイトを主体とした熱延鋼板は強度範囲が 440MPa～880MPa に亘るが、ミクロボイドの起点となりうるセメントタイトを、成分と熱延条件によって微細分散させた組織の均一性のため、伸びフランジ性に優れるという特徴がある。このハイテンはサスペンションリンクなど厳しいバーリング加工性が求められる部品に適している。

#### 5.5 耐 HAZ 軟化鋼板

足周り部品は厳しい加工が要求されるだけでなく、アーク溶接など入熱量の大きい接合が行われることがある。溶接時の HAZ(熱影響部)は冷却時の温度履歴により結晶粒が粗大化し軟質化するため、耐久疲労が低下し、板厚低減を進めるまでの障害となっていた。耐 HAZ 軟化鋼板は、特殊元素の添加により形成された微細析出物が HAZ の結晶粒の粗大化を防ぐため、アーク溶接部の疲労試験で同強度の従来材に比べ 2 倍以上の疲労耐久寿命を示す。フレームやアクスルハウジングなどへの適用が検討されている。同様の考え方は鋼管にも適用されており、プロペラシャフトなどで実用化されている。

技術講座WG

主査	板谷 宏	川崎製鉄(株)	丹羽 直毅	工学院大学
幹事員	新倉 正和	NKK	木村 一弘	物質・材料研究機構
	月橋 文孝	東京大学大学院	西野 誠	新日本製鐵(株)
	斎藤 良行	早稲田大学	阪口 泰彦	川崎製鉄(株)
	神田 俊之	新日本製鐵(株)	福永 規	住友金属工業(株)
	兵藤 知明	NKK	沖村 利昭	日新製鋼(株)
	井川 勝利	川崎製鉄(株)		
	中田 等	(株)神戸製鋼所		
	三輪 守	大同特殊鋼(株)		
育成委員	長井 寿	物質・材料研究機構		

第175・176回西山記念技術講座

鉄鋼材料の加工・利用技術

—鉄鋼材料の特性・機能を最大限に活かす—

Forming and Application Technology of Steel

— For the full utilization of potential and capability of steel —

NMS-ISIJ 175・176

定 価	7,000円(消費税等込み。送料は本会負担)
会員割引価格	5,000円(消費税等込み。送料は本会負担)
発 行 日	平成13年11月9日
編集発行者	社団法人 日本鉄鋼協会
発 行 所	〒100-0004 東京都千代田区大手町1-9-4 経団連会館3階 社団法人 日本鉄鋼協会

©COPYRIGHT 2002 社団法人 日本鉄鋼協会

複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写する場合は、本会が複写権を委託している次の団体に許諾を受けて下さい。

学術著作権協会内複写権センター支部

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-42-704 TEL.(03)3475-4621・5618 FAX.(03)3403-1738

また、本会は上記団体を通じて米国 Copyright Clearance, Inc と、また本会独自に米国 Institute for Scientific Information と複写権に関する協定を結び、双方に本誌を登録しています。従って、米国において本誌を複写される場合は次のいずれかの機関の指示に従って下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA01923 USA TEL.001-1-508-750-8400 FAX.001-1-508-750-4744

Institute for Scientific Information

3501 Market Street Philadelphia, PA 19104 USA TEL.001-1-215-386-0100 FAX.001-1-215-386-6362



The 175<sup>th</sup> & 176<sup>th</sup>

Nishiyama Memorial Technical Seminar

**PROCESSING and APPLICATION TECHNOLOGY  
OF  
STEEL MATERIAL**

(Taking full advantage of properties and functions of steel material)

November, 2001

**The Iron and Steel Institute of Japan**

**NMS-ISIJ 175/176**

## Table of Contents

1. Frontier of automotive thin steel sheet stamping technology and development of high-strength steel sheet .....Yukihisa Kuriyama
2. Frontier of stamping numerical value simulation .....Akitake Makinouchi
3. Frontier technologies of secondary processing and hydroforming of tubing material .....Sadahiro Fuchizawa
4. Forging steel processing technology .....Hiromichi Kosakada
5. Frontier of processing/application technology and material development of stainless steel sheet .....Toshiro Yamada
6. Frontier of plastic working theory and simulation technology .....Hideharu Nakamachi
7. Frontier of welding technology and laser technology of thin steel sheet .....Kiyoyuki Fukui

## 5.4 Structure-strengthening type high tensile steel

### 5.4.1 DP (Dual Phase) steel sheet

A DP steel sheet is a steel sheet of a composite microstructure comprising ferrite phase and martensite phase, and features low yield point by work hardening potential that exists around the boundary of ferrite phase adjacent to martensite phase. Because of this, the DP steel sheet has low springback and excellent shape freezing property. In addition, compared with precipitation hardened steel sheets, the DP steel sheet has a high elongation percentage, excellent bulging workability, and fatigue resistance so that they are utilized for the manufacture of wheel discs and so on.

### 5.4.2 TRIP (Transformation Induced Plasticity) steel sheet

TRIP steel has drawn a lot of attention not only for excellent formability but also for high energy-absorption capacity at the time of collision<sup>40)</sup>. FIG. 31 compares various steel sheets in terms of tensile strengths and energy-absorption capacities of axially crushed square tubes (70mm x 70mm x 320mm high) having a sheet thickness of 2mm. The TRIP steel is a steel sheet having superductility benefitted from transformation induced plasticity, and its bainite or ferrite + bainite structure retains residue of several% to 30% of metastable austenite that can be transformed to hard martensite<sup>41)</sup>. In the mechanism for

manifesting transformation induced plasticity, metastable austenite remaining in the structure is transformed to martensite following relevant processing routes and the level of strength in that part is increased, whereby transformation is spread to surroundings where the strength is relatively low, resulting in high workability. In general, the aggregation structure of the TRIP steel is random, so that r-value of TRIP steel is as low as 1.0 or even below. However, as shown in FIG. 32, because transformation methods, by which austenite is induced following the processing routes and is transformed to martensite, vary depending on deformation modes <sup>42)</sup>, superior deep drawability is obtained. That is, because the retained austenite in a shrunk flange transformation section is not easily transformed to martensite, deformation resistance is maintained at a low level. On the other hand, the vertical wall, a risky area at fracture, is under plane-strain tension so the retained austenite is transformed to martensite and becomes hardened, causing an increase in fracture toughness. Moreover, since the TRIP steel has a high n value, it is also excellent in bulging property.

**FIG. 31 Tensile strengths and energy absorption capacities of various steel sheets**

**FIG. 32 Deformation modes and change in retained austenite in TRIP**

steel<sup>8)</sup>

オーステナイト体積率 : Volume ratio of austenite

相当塑性ひずみ : Corresponding plastic strain

単軸引張 : Uniaxial tension

平面ひずみ : Plane strain

第二軸引張 : Biaxial tension

縮みフランジ : Shrink flanging

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**